데이터 의존성과 벡터왜곡척도를 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복호화

서호찬[†] · 정태일[†] · 류권열[††] · 권기룡[†††] · 문광석[†]

요 약

본 논문에서는 데이타의존성과 벡터왜곡척도를 이용하여 개선된 칼라영상을 복호화하였다. 프랙탈칼라영상의 복원방법은 Zhang과 Po의 벡터왜곡척도를 이용한 RGB 칼라 성분간의 상관관계를 고려하여 부호화한 압축파일을 사용하여 수렴될 복원영상을 부호화시 만들어진 변환표의 정보를 바탕으로 참조된 정의역 부분이 기존의 독립적인 반복변환에 의해 수렴되었고 참조되지 않은 부분의 정의역은 데이타의존성을 갖는 영역으로 이미 수렴된 부분에 존재하므로 마지막 반복변환시 한번만에 복호화가 가능하다. 데이타의존성 부분이 차지하는 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되었고, R영역에서 검색한 데이타 의존영역을 G, B영역에 그대로 사용하여 고속복호화가 가능하였다.

An Improved Fractal Color Image Decoding Based on Data Dependence and Vector Distortion Measure

Ho-Chan Seo[†], Tae-il Jeong[†], Kwon-Yeol Ryu[††], Ki-Ryong Kwon[†††], and Kwang-Seok Moon[†]

ABSTRACT

In this paper, an improved fractal color image decoding method using the data dependence parts and the vector distortion measure is proposed.

The vector distortion measure exploits the correlation between different color components. The pixel in RGB color space can be considered as a 3-dimensional vector with elements of RGB components. The root mean square error(***rms***) in RGB color for similarity measure of two blocks R and R′ was used.

We assume that various parameter necessary in image decoding are stored in the transform table. If the parameter is referenced in decoding image, then decoding is performed by the recursive decoding method. If the parameter is not referenced in decoding image, then the parameters recognize as the data dependence parts and store its in the memory. Non-referenced parts can be decoded only one time, because its domain informations exist in the decoded parts by the recursive decoding method. Non-referenced parts are defined the data dependence parts.

Image decoding method using data dependence classifies referenced parts and non-referenced parts using information of transform table. And the proposed method can be decoded only one time for R region on RGB color components in search of data dependence region. Therefore, its method is more fast in decoding speed than Zhang & Po's method, since it is decreased the computational numbers by execution iterated contractive transformations for the referenced range only.

[†] 부경대학교 전자공학과
[††] 위덕대학교 컴퓨터공학과
[†††] 부산외국어대학교 전자공학과

1. 서 론

멀티미디어 데이타는 문자, 오디오, 영상 등의 총합체로서 구성된다. 그 중에서 영상 데이타는 그 의

미 전달 효과가 매우 크기 때문에 멀티미디어 데이타의 핵심이라 할 수 있다. 그러나 이는 데이타량이 방대하여 일반적으로 압축 과정 없이는 저장 또는 전송이 어렵기 때문에 영상 데이타의 압축이 필수적이다.

영상 데이타의 압축 기법은 크게 정지영상과 동영상 압축기법으로 구분되어진다. 정지영상의 압축기법은 화소간의 공간적 중복성을 제거하여 압축하며, 이와 같은 기법으로는 주파수 영역에서 수행되는 변환 부호화(transform coding) 기법과 벡터 양자화(vector quantization) 기법이 널리 알려져 있다[1,2]. 정지영상에 대한 압축기법의 표준안은 JPEG이 제안되어 있다. 동영상에 대한 압축기법들의 표준안은 H.261, MPEG-Ⅰ 및 MPEG-Ⅱ 등이 제안되어 있다[3-6].

영상 압축 방법에서 기존의 방법을 이용하여 영상의 압축비를 매우 높게 하면 심각한 화질의 저하가 발생하므로, 아주 낮은 전송율을 가지는 영상 압축기법이 현재 활발히 연구되고 있다[7]. 이런 초저전송율 영상 압축 부호화(very low bit rate coding)를 위하여 기존의 방법과 전혀 다른 접근 방법으로서 최근 프랙탈 영상 압축 기법이주목을 받고 있다.

프랙탈 기하학은 나무나 구름같이 복잡한 자연 물체를 표현하기에 적합한 기하학이다. 유클리드 기하학은 직선이나 원, 타원 등의 객체를 간단히 표현할 수 있어 인공적인 물체를 표현하기에 적합하지만, 자연 물체를 표현하기에는 부적합하다. 그 반면 프랙탈 가하학은 자연 물체에 존재하는 자기 유사성(self-similarity)을 이용하여 자연 물체를 표현하기에 적합하다. 자기 유사성이란 물체의 전체와 부분이 서로 유사하게 생긴 특성을 의미한다. 프랙탈은 이 자기 유사성을 이용한 간단한 함수를 가지고 무한의 해상도를 가지는 영상으로 표현된다.

Barnsley 등[8,9]은 자기 유사성에 기인하는 간단한 규칙에 의하여 복잡한 프랙탈 구조를 생성한다. 또한 영상 데이타를 반복 축소 변환으로 표현함으로써 데이타 양을 줄이는 프랙탈 영상 압축의 이론적 기반을 처음으로 제시하였다. 이를 이용하면 높은 압축율 뿐만 아니라, 무한의 해상도를 가지는 영상을 표현할 수 있으나, 임의의 영상에 대한 반복 축소 변환을 찾는 일은 직관적으로 수행되었다. Barnsley의 이론을 기반으로 하여 Jacquin[10]은 블럭별로 반복 축소 변환을 찾는 자동화된 알고리듬인 PIFS(partitioned iterated function system)를 제안하였고, Fisher[11]는 영상의 화질에 따라 치역 블럭을 분할하는 quad-tree 방식을 제안하였다. Jacquin 및 Fisher의 방법은 영상의 화질은 향상되나 전체 영역을 탐색하여야 하므로 부호화 시간이 오래 걸리고, 복호화시 변환의 반복 적용이 필요한 문제점이 있다. 이러한 알고리듬들은 부호화 부분의 성능 개선에만 주력하였다. 그러나 VOD(video on demand), DVD(digital video disk), CD-ROM 등과 같이 영상 데이타의 재생만이 주로 요구되는 경우에는 수신측에서 빠른 영상 복호화가 요구된다.

기존의 고속 복호화를 위한 방법과 병행하면서 화질저하 없이 반복 축소 변환시 소요되는 계산량을 감소시킬 수 있는 데이타의존성을 고려한 고속 복호화 방법도 제안되었다[12-14].

칼라 영상에 있어서 프랙탈 영상 압축 방법으로 Zhang과 Po는 벡터왜곡척도[15]를 이용하여 블록 탐색에 있어서 벡터로 RGB 값들의 거리(distance)를 비교하여 벡터간 거리가 가장 가까운 블럭을 탐색하였고, 유사변환에 5차맵(5-dimensional map)을 이용하여 칼라 성분 상호간의 상관관계를 이용하여 부호화 하였다.

본 논문에서는 데이타의존성과 벡터왜곡척도를 이용하여 개선된 프랙탈칼라영상 복호화 방법을 제안하였다. 벡터왜곡척도는 RGB 칼라 성분간의 상관관계를 고려하여 블럭내 각각의 RGB값을 3차원 벡터 공간의 한 점으로 하여 이와 가장 가까운 거리에 있는 블럭을 탐색하는 방법이다. 데이타의존성을 이용한 복원 방법은 부호화시 만들어진 변환표의 정보를 바탕으로 복호화하고자 하는 치역블럭에 대해 참조된 정의역 부분과 참조되지 않은 정의역 부분으로 구분하여 RGB 각 칼라성분에서 데이타의존성 부분이 차지하는 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되어 고속 복호화가 가능하였다. 제안한 방법은 복호화 시 RGB 각각의 칼라 성분 중 R영역에 대해서만 데이타의존성을 갖는 영역을 한번만 찾아서 복호화 한다. 복호화 할 때에는 벡터왜곡척도를 이용하여 RGB 각각의 칼라 성분에 포함된 위치와 변환정보가 같고 계조도의 변화만 다르기 때문이다. 나머지 G와 B영역에 대해서는 이미 참조된 영역에 대해서만 반복변환하고 의존성 영역은 마지막 반복 변환 시 한 번만에 복호화하여 고속복호화가 가능하

였다[16].

2. 프랙탈 칼라 영상 압축

2.1 기본적인 프랙탈 칼라 영상 복원

칼라 영상에 있어서 프랙탈 변환을 이용한 칼라 영상을 복호화 하는 기본적인 방법으로 RGB 각각의 칼라 성분에 대해 부호화 시 얻어진 계수들을 이용해 임의의 초기 영상에 반복적으로 동일 변환을 적용하여 원래의 영상을 얻는 것이다.

이는 칼라 성분간의 상관 관계를 전혀 고려하지 않은 것이다. 즉 복원과정은 압축순서의 역 과정으로 하나의 압축파일로부터 위치와 변환정보 scaling과 offset값을 읽어들이고 이 값들을 이용해 RGB 각각의 영역에 대해서 반복 변환을 적용한 후 세 개의 영상을 합하여 원래 영상을 복원한다.

2.2 Zhang과 Po의 프랙탈 칼라영상 복호화방법

Zhang과 Po[15]의 프랙탈 칼라영상 복호화 방법은 RGB 각각의 칼라 성분에 대해 Zhang과 Po의 벡터왜곡척도를 이용하여 부호화한 부호화 계수를 사용하여 임의의 초기 영상에 반복적으로 동일 변환을 적용하여 원래의 영상을 얻는다.

그림 1은 Zhang과 Po의 프랙탈 칼라영상 복호화 방법으로 각각의 칼라 성분에 대하여 반복변환을 적용하는 것이다. 먼저 Zhang과 Po의 벡터왜곡척도를 이용하여 부호화한 압축파일로부터 위치와 변환정보 scaling과 offset값을 읽는다. 이 값들을 이용해 RGB 각각의 영역에 반복 변환을 적용한 후 RGB 세 개의 영상을 합하여 원래의 영상을 복원한다.

Zhang과 Po의 벡터왜곡척도를 이용하여 RGB 칼라 성분간의 상관관계를 고려하여 부호화한 압축파일을 사용하여 임의의 초기 영상에 반복적으로 동일 변환을 적용하여 원래의 영상을 얻는다. 그러나 칼라영상에 있어서도 흑백 영상에서와 마찬가지로 각각의 칼라 성분에 대해서 반복변환을 적용하여야 하였다.
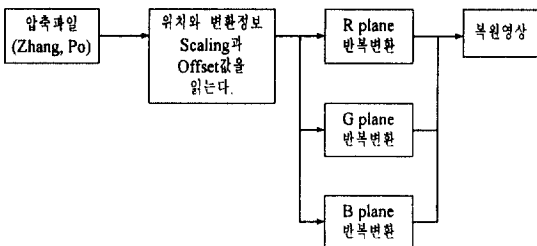
그림 1. Zhang과 Po의 프랙탈칼라영상 복호화

3. 제안한 데이타의존성을 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복호화 방법

제안한 데이타의존성을 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복호화 방법은 유사변환에 식 (1)의 5차 맵을 이용하였다.

$$W\begin{bmatrix} x \\ y \\ r \\ g \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 & 0 & 0 \\ c_i & d_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_i^r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_i^g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s_i^b \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ r \\ g \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \\ o_i^r \\ o_i^g \\ o_i^b \end{bmatrix} \quad (1)$$

RGB 각각의 칼라 성분은 식 (2)의 벡터왜곡척도를 이용하여 RGB 각각의 칼라 성분에 대해 계조도의 변화 scaling과 offset 값을 계산하여 영상을 압축한다.

$$f(x,y) = [r, g, b]^T$$

단. r, g, b : 각 칼라 성분의 값

$$d(R,R') = \sqrt{\frac{1}{3n^2}\sum_{(x,y)\in R,R'}[f(x,y)-f'(x,y)]^T[f(x,y)-f'(x,y)]} \quad (2)$$

데이타의존성을 분류하는 과정은 그림 2의 (a)와 같이 Zhang과 Po의 5차 아핀변환을 이용하여 부호화하는 경우로서 위치 정보는 dx, dy이고, 계조도는 s^r, s^g, s^b이며, 밝기는 o^r, o^g, o^b로서 8가지 기하학적인 변환을 나타내고, 파라미터 ISO 등이 저장된 변환표의 일부분이다. 그림 2의 (b)는 복호화 하고자 하는 치역블럭의 일부분으로서 8×8 크기로 구성되어 있다. 그림 2의 (c)는 복호화 되어지는 치역블럭에 해당되는 정의역이 참조되는 과정으로 참조되는 정의역은 16×16 크기로서 치역블럭의 4배 크기이다.

복호화 과정은 5차 아핀변환에서 얻어진 9개의 계수를 이용하여 RGB 칼라성분 중 R영역에서 데이타의존성 부분을 분류하여 데이타의존영역을 제외한

치역블럭에 대해서만 변환표의 위치변환 정보로부터 정의역 좌표를 찾아서 식 (3)과 같이 계조도 크기 변화량 s를 곱하고 밝기 조절량 o를 더한다.

$$\begin{aligned} r &= s_i^r z + o_i^r \\ g &= s_i^g z + o_i^g \\ b &= s_i^b z + o_i^b \end{aligned} \quad (3)$$

실험에 사용한 영상은 512×512 크기의 칼라 영상으로 이와 같이 변환표의 $D_1 \sim D_{4096}$ 정보를 순차적으로 적용하여 치역블럭을 복호화 한다. G와 B영역에 대해서는 R영역에서 찾아진 데이타의존성을 이용하여 변환표의 모든 정보를 한 번 적용하면 반복변환이 한번 완료된다.

그림2 (a)의 변환표에서 D_2, D_8, D_{14}는 그림2 (c)의 참조된 정의역 블럭에 정의역 블럭(D_2, D_8, D_{14})이 참조됨을 나타낸다.
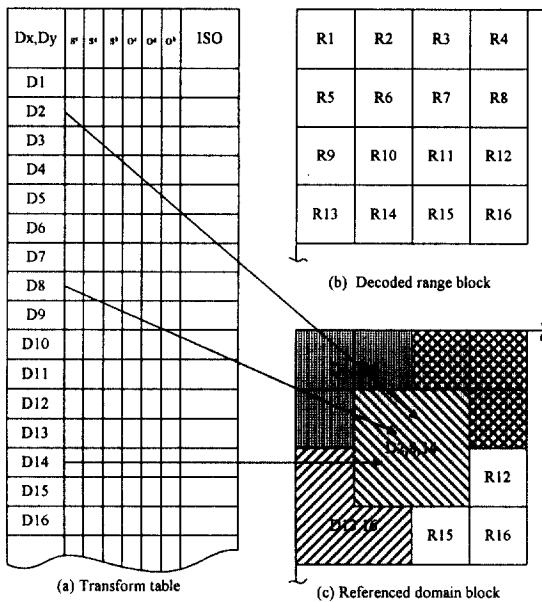
그림 2. (a)변환표 (b)복호화된 치역 블록 (c)참조된 정의역 블럭 사이의 관계

이와 같이 변환표의 $D_1 \sim D_{4096}$ 까지의 위치 변환 정보를 순차적으로 적용하면 그림2 (c)의 참조된 정의역 블록에 참조되지 않은 부분(R_{12}, R_{15}, R_{16})이 남게 되며 이 부분이 데이타의존성 부분이다. 이 데이타 의존성 부분을 제외한 나머지 치역블럭에 대해서만 복호화를 수행하고 데이타의존성 부분은 마지막 반복변환시 단 한번만에 복호화가 되어진다.

그림 3은 제안한 프랙탈 칼라 영상 복호화의 블록도로서 복호화 시 RGB 각각의 칼라 성분 중 R영역에 대해서만 데이타 의존성을 갖는 영역을 한번만 찾아서 복호화 한다. 이 의존성 부분은 이미 수렴된 부분에 존재하므로 마지막 반복변환 시 한 번만에 복호화가 가능하다. 나머지 G와 B영역에 대해서는 R영역에서 이미 참조된 영역에 대해서만 반복변환하고 의존성 영역을 마지막 반복변환 시 한 번만에 복호화가 가능하다.
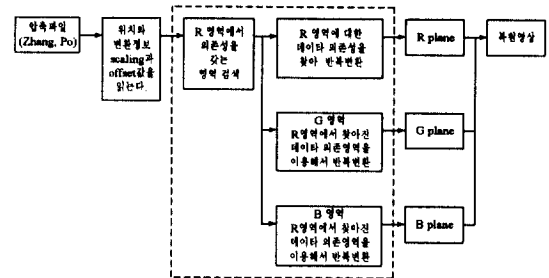
그림 3. 데이터 의존영역을 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복호화

데이타의존성 부분은 N-1번째까지 반복변환하는 동안 제외시키고 마지막 N번째 반복변환 과정에서 한 번만에 복호화가 가능하므로 의존성 부분만큼 계산량이 감소되어 고속 복호화가 가능하다.

4. 모의실험 및 결과

실험에 사용한 영상은 512×512 크기의 칼라 영상 boat, Barbara, Tiffany, Pepper이다. 각 RGB 칼라 성분은 256 계조도로 8비트를 가진다. 적용한 프랙탈 부호화 알고리듬은 Zhang과 Po가 제안한 알고리듬을 기반으로 하여, 치역블럭을 16×16, 8×8로 가변하여 사용하였으며 가변블럭 경계치는 8을 사용하여 실험하였다. 화질을 평가하는 객관적인 평가의 척도로 식 (4)와 같이 원영상과 복원영상의 MSE에 대한 평균값을 이용한 $PSNR$(peak signal to noise ratio)을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10}\left(\frac{255^2}{MSE}\right) \; [dB] \quad (4)$$

그림 4는 Zhang과 Po의 벡터왜곡척도를 이용하여 압축된 boat 영상을 RGB 각각의 칼라 성분에 대하여
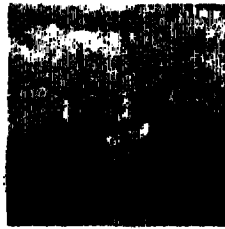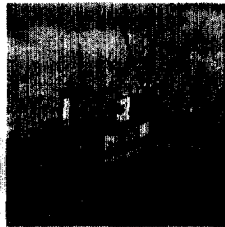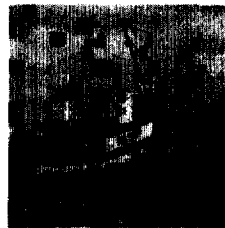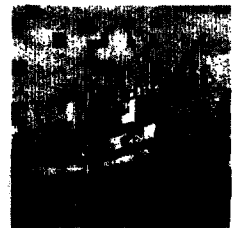
그림 4. Zhang & Po의 방법으로 압축된 boat 영상의 칼라 영상복원

그림 5. 제안한 데이터 의존성을 이용한 개선된 프랙탈 칼라 영상 복원(boat)

반복 변환하여 마지막에 세 개의 영상을 합하여 원래의 영상을 얻었다.

그림 5는 제안한 데이타의존성을 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복원 방법으로 벡터 왜곡 척도를 이용하여 압축된 boat 영상에서 독립적인 반복변환에 의해 수렴되는 영역과 데이타의존성을 갖는 영역으로 분류하여 데이타 의존영역 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되었고, R영역에서 검색한 데이타의존영역을 G와 B영역에 대해서는 그대로 사용하여 고속복호화가 가능하였다. 블럭부분은 데이타의존성 부분으로 마지막 반복 시 복원되었다. Zhang과 Po의 방법으로 부호화한 압축파일을 복호화 할 때에는 RGB 각각의 칼라 성분에 포함된 위치와 변환정보가 같고 계조도의 변화만 다르기 때문에 복호화 시 RGB 각각의 칼라 성분 중 R영역에 대해서만 데이타 의존성을 갖는 영역을 한번만 찾아서 복호화 한다.

표 1은 반복변환에 따른 곱셈 계산량 비교로서 6회 반복 시 제안한 방법이 기존의 Zhang과 Po방법에 비하여 boat 영상에 대해서 31.18[%], barbara 영상에 대해서 34.70[%] 감소하였으며, RGB 각 칼라 성분에서 데이타의존성 부분이 차지하는 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되어 고속 복호화가 가능함을 나타낸다.

표 2는 반복변환에 따른 *PSNR* 비교로 boat 영상에 대해서 제안한 방법이 28.32[dB], 기존의 Zhang과 Po 방법이 28.30[dB]이고, barbara 영상에 대해서 제안한 방법이 24.10[dB], 기존의 Zhang과 Po 방법이 24.08 [dB]로서 계산량이 감소되었음에도 화질은 나빠지지 않았다.

반복횟수가 6회일 때 영상의 PSNR에 대한 누적되는 곱셈 계산량 비교는 그림 6에서와 같다.

표 1. 6회 반복에 따른 제안 방법 및 Zhang과 Po 방법의 곱셈 계산량 비교

실험 영상	복원방법 \ 반복횟수		1회	2회	3회	4회	5회	6회	계산량
Boat	제안한 방법	R	410,112	820,224	1,230,336	1,640,448	2,050,560	2,164,736	31.18% 감소
		G	410,112	820,224	1,230,336	1,640,448	2,050,560	2,164,736	
		B	410,112	820,224	1,230,336	1,640,448	2,050,560	2,164,736	
	Zhang과 Po 방법	R	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	
		G	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	
		B	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	
Barbara	제안한 방법	R	382,464	764,928	1,147,392	1,529,856	1,912,320	2,054,144	34.70% 감소
		G	382,464	764,928	1,147,392	1,529,856	1,912,320	2,054,144	
		B	382,464	764,928	1,147,392	1,529,856	1,912,320	2,054,144	
	Zhang과 Po 방법	R	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	
		G	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	
		B	524,288	1,048,576	1,572,864	2,097,152	2,621,440	3,145,728	

표 2. 6회 반복에 따른 제안 방법 및 Zhang과 Po 방법의 PSNR 비교 (dB)

실험 영상	복원방법 \ 반복횟수		1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
Boat	제안한 방법	R	18.23	20.18	20.80	20.87	20.88	28.64	28.32
		G	15.75	17.44	17.87	17.92	17.92	27.09	
		B	17.71	19.90	20.72	20.84	20.85	29.22	
	Zhang과 Po 방법	R	18.98	22.53	25.72	27.91	28.55	28.63	28.30
		G	16.65	20.60	23.95	26.26	26.96	27.07	
		B	18.46	22.06	25.51	28.01	29.09	29.20	
Barbara	제안한 방법	R	16.66	17.86	18.17	18.20	18.21	24.55	24.10
		G	14.87	16.00	16.28	16.31	16.31	22.95	
		B	16.19	17.72	18.24	18.31	18.32	24.79	
	Zhang과 Po 방법	R	17.72	20.30	22.46	23.92	24.44	24.54	24.08
		G	15.89	18.70	20.75	22.24	22.82	22.94	
		B	16.59	19.25	21.87	23.61	24.61	24.77	

는 Zhang & Po 방법, ─■─는 제안한 방법을 나타낸다. 각 점들은 반복변환 횟수를 나타내며 한 번 반복변환을 수행할 때, 제안한 방법이 더 계산량이 적음을 보여준다. 6회 반복변환을 수행했을 때, 그림 6에서 Zhang & Po 방법과 제안한 방법의 누적곱셈계산량은 각각 9,437,184회와 6,494,208회로서, 제안한 방법의 계산량이 31.18% 감소하였다.

또한 그림 6에서 반복회수에 따른 PSNR을 살펴보면 ─●─의 Zhang & Po 방법은 반복횟수에 따라 점차 개선되어 6회 반복변환을 했을 때 거의 수렴 하였다. 그래서 본 논문에서는 제안한 방법과의 원활한 비교를 위해 반복변환 횟수를 6회로 정하였다. ─■─의 제안한 방법은 5회 반복 때까지는 의존성 부분이 반복 계산에서 제외되었으므로 영상 전체에 대한 PSNR은 낮을 수 밖에 없다. 그러나 마지막 6회 반복
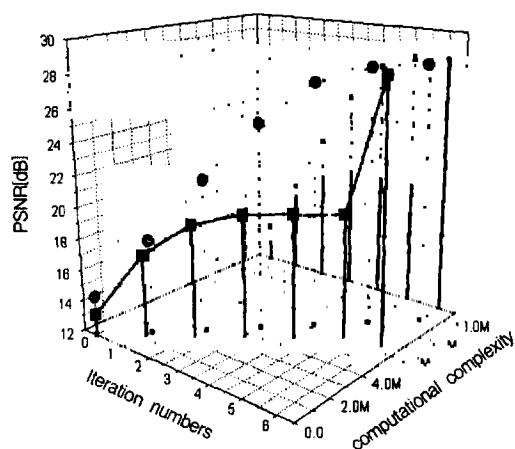
그림 6. 누적 곱셈 계산량 비교 boat

시 의존성 부분이 단 한번만에 복원됨을 보여준다. 6회 반복 시 영상의 PSNR은 Boat의 경우 Zhang &

Po 방법에서 28.30[dB]이고 제안한 방법에서 28.32 [dB]였다. 이는 제안한 방법이 계산량은 감소시키고 화질저하 없이 고속복호화가 가능함을 나타낸다

5. 결 론

본 논문에서는 데이타 의존성과 벡터왜곡척도를 이용하여 개선된 프랙탈 칼라영상을 복호화 하였다. 프랙탈 칼라영상의 복원에는 벡터왜곡척도를 이용하였으며 RGB 칼라 성분간의 상관관계를 고려하여 부호화한 압축파일을 사용하였다. 복원영상은 독립적인 반복변환에 의해 수렴되는 영역과 데이타의존성을 갖는 영역으로 분류하여 데이타의존성 부분이 차지하는 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되었고, R영역에서 검색한 데이타 의존영역을 G, B영역에 그대로 사용하여 고속복호화가 가능하였다.

제안한 프랙탈 칼라영상 복호화 방법의 곱셈계산량은 6회 반복변환시 제안한 방법이 기존의 Zhang과 Po 방법에 비하여 boat 영상에 대해서 31.18[%]감소하였고, barbara 영상이 34.70[%] 감소하여 RGB 각 칼라 성분에서 데이타의존성 부분이 차지하는 만큼 복호화 과정에서 불필요한 계산량이 제거되었다.

참 고 문 헌

[1] R. Clarke, *Transform Coding of Image*, Academic Press, New York, USA, 1985.

[2] A. Gersho and R. M. Gray, *Vector Quantization and Signal Processing Compression*, Kluwer Academic Pulishers, Norwell, MA, USA, 1992.

[3] Joint Photographic Expert Group, *JPEG technical specification, Revision 8*, Technical report, ISO/IEC/JTC1/SC1/WG8, August 1990.

[4] Motion Picture Expert Group, Recommendation H.261 : *Video codec for audiovisual services at p×64 kbits/s*, Technical report, CCITT, 1990.

[5] Motion Picture Expert Group, *MPEG- I Draft International Standard 11172*, Technical report, ISO/IEC, March. 1992.

[6] Motion Picture Expert Group, *MPEG Draft International Standard*, Technical report, CCITT SGXV, March 1992.

[7] I. Corest, S. Jeannin, and L. Bouchard, "MPEG-4 : Very low bit rate coding for multimedia applications," *in Proc. of SPIE-VCIP*, vol. 2308, pp.1065-1073, 1994.

[8] M. F. Barnsley and S. demoko, "Iterated function systems and the global construction of fractal," *Proc. of Royal soc. London*, vol. A399, pp.243-275, 1985.

[9] M. F. Barnsley, "Application of recurrent iterated function system to images," *SPIE Visual Communications and Image Processing*, pp.122-131, 1988.

[10] A. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp.18-30, Jan. 1992.

[11] Y. Fisher, *Fractal image compression: theory and application*, Springer-Verlag, New York, pp.25-75, 1995.

[12] 정태일, 강경원, 안주원, 권기룡, 문광석, "데이타 의존성을 고려한 고속 프랙탈 영상 복호화 알고리듬," 제9회 *신호처리합동학술대회 논문지*, vol. 9, no. 1, pp.1203-1206, Sep. 1996.

[13] 강경원, 정태일, 류권열, 권기룡, 문광석, "데이타 의존성과 개선된 초기 영상 추정을 이용한 고속 프랙탈 영상 복호화," *대한전자공학회 추계종합학술대회논문집*, vol. 19, no. 2, pp.1488-1491, Nov. 1996.

[14] 류권열, 정태일, 강경원, 권기룡, 문광석, "프랙탈 영상에서 데이타 의존성을 이용한 고속 복호화 알고리듬", *한국통신학회 논문지*, vol. 22, no. 10, pp.2091- 2101, Oct. 1997.

[15] Y. Zhang and L. Po, "Fractal Color Image Compression Using Vector Distortion Measure," *Proc. ICIP '95 IEEE International Conference on Image Processing*, pp.276-276, 1995.

[16] 서호찬, 정태일, 문광석, 안상호, 권기룡, "데이타의존성과 벡터왜곡척도를 이용한 개선된 프랙탈 칼라영상 복호화," *한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집*, pp.116-121, 1998.

서 호 찬

1988년 2월 경남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1998년 8월 부경대학교 산업대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1998년 9월~현재 부경대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학 중
관심분야 : 영상처리, 멀티미디어

정 태 일

1994년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1997년 3월~현재 부경대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학 중
관심분야 : 영상신호처리

류 권 열

1982년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 6월~1986년 6월 삼성반도체통신(주) 시스템개발실
1986년 7월~1995년 4월 포항공과대학교 전자계산소
1990년 경북대학교 산업대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1998년 3월~현재 위덕대학교 컴퓨터공학과 전임강사
관심분야 : 영상처리, 멀티미디어

권 기 룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1996년~현재 부산외국어대학교 전자공학과 조교수
관심분야 : 웨이브릿변환, 적응신호처리, 능동잡음제거, 멀티미디어 통신

문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원
1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수
1990년 3월~현재 부경대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리 등